

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 T 13/20		H 0 1 T 13/20	B 3 G 0 1 9 E 4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/00	3 1 0	B 2 3 K 26/00	3 1 0 N 5 G 0 5 9
C 2 2 C 5/04		C 2 2 C 5/04	
F 0 2 P 13/00	3 0 1	F 0 2 P 13/00	3 0 1 J
審査請求 未請求 請求項の数6 O L （全 12 頁） 最終頁に続く			

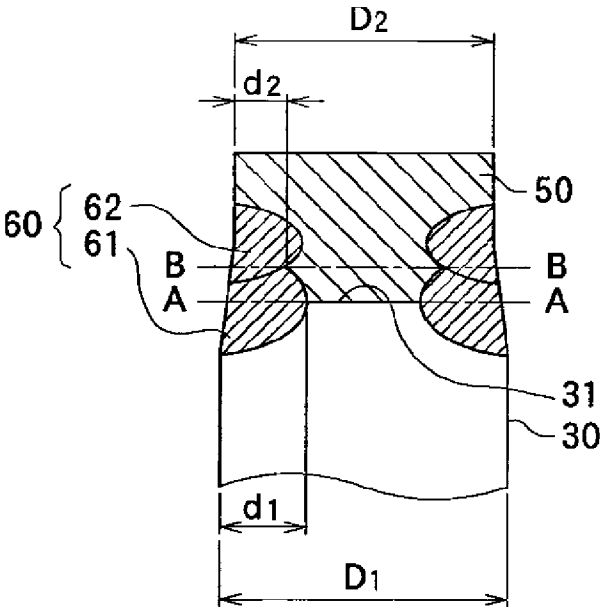
(21)出願番号	特願2000－234547(P2000－234547)	(71)出願人	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	平成12年8月2日(2000.8.2)	(72)発明者	堀 恒門 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(74)代理人	100100022 弁理士 伊藤 洋二 （外2名）
		Fターム(参考)	3G019 KA01 4E068 BE00 BC02 DA02 5G059 DD11 DD15 EE11 EE15

(54)【発明の名称】 スパークプラグおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 中心電極と接地電極の少なくとも一方を母材として、この母材に貴金属もしくはその合金よりなる火花放電用のチップをレーザ溶接により固定してなるスパークプラグにおいて、チップと母材との接合信頼性を向上させる。

【解決手段】 レーザ溶接することにより形成された溶融部60は、母材としての中心電極30に最も近い列を1列目として中心電極30から離れる方向へ向かって隣接する列の間で重なるように複数列形成されており、接合面31に沿った断面を見たとき、1列目の溶融部61の断面積と、1列目の溶融部61と2列目の溶融部62との重なり部の断面積との合計が、チップ50の断面積の1.4倍以上になるようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により形成された溶融部（60）を介して固定されてなるスパークプラグにおいて、

前記溶融部は、前記母材に最も近い列を1列目として前記母材から離れる方向へ向かって、隣接する列の間で重なるように複数列形成されており、
前記接合面に沿った断面を見たとき、前記1列目の溶融部（61）の断面積と各列の前記溶融部（61～63）同士の重なり部の断面積との合計が、前記チップの断面積の1.4倍以上になっていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】 前記接合面（31、43）に沿った断面を見たとき、2列目以降の前記溶融部のうち少なくとも1つの溶融部（62、63）において、当該溶融部の断面積が、当該溶融部と当該溶融部よりも前記母材寄りの溶融部（61、62）との重なり部の断面積よりも大きくなっていることを特徴とする請求項1に記載のスパークプラグ。

【請求項3】 中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により形成された溶融部（60）を介して固定されてなるスパークプラグにおいて、
前記チップと前記接合面との間には、線膨張係数が前記チップと前記母材との間の範囲にある緩和層（80）が介在されており、
前記チップと前記母材とが、レーザ溶接によって前記緩和層、前記チップ及び前記母材の間の各界面に形成された溶融部（90）を介して固定されていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項4】 前記緩和層（80）の厚さ t が0.2mm以上0.6mm以下の範囲にあり、
前記接合面（31、43）に沿った断面を見たとき、前記溶融部（90）の断面積を前記チップ（50）の断面積で割った比 α が、 $(1.4 - t) / 2$ 以上の範囲にあることを特徴とする請求項3に記載のスパークプラグ。

【請求項5】 前記チップ（50）は、Irが50重量%以上含有されているものであることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載のスパークプラグ。

【請求項6】 中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により固定されてなるスパークプラグを製造する方法であって、

前記チップと前記接合面との間に、線膨張係数が前記チップと前記母材との間の範囲にある緩和層（80）を介在させた後、

レーザ溶接を行うことによって前記緩和層、前記チップ及び前記母材の間の界面に溶融部（90）を形成することを特徴とするスパークプラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、中心電極と接地電極の少なくとも一方に貴金属もしくはその合金よりなる火花放電用のチップをレーザ溶接により固定してなるスパークプラグおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、この種のスパークプラグとしては、特開平6-188062号公報や特開平11-3765号公報に記載のものが提案されている。これらのものは、中心電極及び接地電極を備え、中心電極と接地電極の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップがレーザ溶接により固定されてなる。

【0003】 このようなレーザ溶接を用いたチップと母材との接合によれば、線膨張係数の差の大きいチップ（Ir合金やPt合金等）と母材（Ni基合金等）との界面に溶融部が形成され、この溶融部を介して接合が行われるため、抵抗溶接に比べて接合信頼性の高い構成とすることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記スパークプラグにおいては、抵抗溶接に比べて接合信頼性の高いレーザ溶接を採用してはいるものの、チップのサイズの増大化やエンジンの熱負荷が厳しくなるにつれて、チップと母材との接合部に加わる熱応力が大きくなり、最悪、チップが母材から脱落してしまう恐れがある。

【0005】 このような問題に対して、上記特開平11-3765号公報では、溶融部を、母材側から母材を離れる方向へ向かって複数列形成し、溶融部を厚肉化するとともにチップと母材との線膨張係数差を小さくすることにより、上記接合部に加わる熱応力を緩和させる方法が採られている。

【0006】 しかし、本発明者の検討によれば、単純に溶融部を複数列形成しただけでは、場合によっては十分な接合信頼性が得られないことがわかった。ちなみに、上記公報では、複数列形成された溶融部の外観形状しか記載されておらず、断面形状等、溶融部の詳細構成については記載がない。

【0007】 本発明は上記問題に鑑み、中心電極と接地電極の少なくとも一方を母材として、この母材に貴金属もしくはその合金よりなる火花放電用のチップをレーザ

溶接により固定してなるスパークプラグにおいて、チップと母材との接合信頼性を向上させることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明では、中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により形成された溶融部（60）を介して固定されてなるスパークプラグにおいて、溶融部を、母材に最も近い列を1列目として母材から離れる方向へ向かって隣接する列の間で重なるように複数列形成し、接合面に沿った断面を見たとき、1列目の溶融部（61）の断面積と各列の溶融部（61～63）同士の重なり部の断面積との合計が、チップの断面積の1.4倍以上になるようにしたことを特徴としている。

【0009】本発明は、溶融部の断面形状等について鋭意検討した結果、実験的に見出されたものであり、複数列形成された溶融部において、1列目の溶融部の断面積と各列の溶融部同士の重なり部の断面積との合計を、チップの断面積の1.4倍以上にすることにより、チップと母材との接合信頼性を向上させ実用レベルにて確保することができる。

【0010】ここで、請求項2の発明のように、接合面（31、43）に沿った断面を見たとき、2列目以降の溶融部のうち少なくとも1つの溶融部（62、63）において、当該溶融部の断面積が、当該溶融部と当該溶融部よりも母材寄りの溶融部（60）との重なり部の断面積よりも大きくなっていることが好ましい。

【0011】本発明によれば、図2に示す様に、チップ（50）の内部において、2列目以降の溶融部のうち少なくとも1つの溶融部（62）と当該溶融部（62）よりも母材（30）寄りの溶融部（61）との間に、チップ（50）が入り込んだくさび形状となる。そして、チップ（50）が母材（30）から離れようとする力が加わっても、このくさび部分が引っ掛かるため、チップの脱落防止という点で好ましい構成とすることができる。

【0012】なお、詳しく言えば、「2列目以降の溶融部のうち少なくとも1つの溶融部の断面積が、当該溶融部と当該溶融部よりも母材寄りの溶融部との重なり部の断面積よりも大きくなっている」とは、当該少なくとも1つの溶融部が例えば2列目である場合、この2列目の溶融部の断面積が2列目と1列目の溶融部の重なり部の断面積よりも大きいこと、また例えば3列目である場合、この3列目の溶融部の断面積が3列目と2列目の溶融部の重なり部の断面積よりも大きいことを意味する。勿論、4列目以降の場合も同様であり、当該少なくとも1つの溶融部が2列目以降の全ての列の溶融部に相当するものであっても良い。

【0013】また、請求項3の発明では、中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により形成された溶融部（60）を介して固定されてなるスパークプラグにおいて、チップと接合面との間に、線膨張係数がチップと母材との間の範囲にある緩和層（80）を介在させ、チップと母材とを、レーザ溶接によって緩和層、チップ及び母材の間の各界面に形成された溶融部（90）を介して固定したことを特徴としている。

【0014】本発明は、チップと母材との線膨張係数差を低減すべく鋭意検討した結果、実験的に見出されたものである。チップと母材との間に、線膨張係数がチップと母材との間の範囲にある緩和層を介在させることにより、チップと母材との線膨張係数差に起因する熱応力が緩和層によって緩和される。そのため、チップと母材との接合信頼性を向上させることができる。

【0015】ここで、緩和層について更に検討を進めた結果、請求項4の発明のように、緩和層（80）の厚さ t が0.2mm以上0.6mm以下の範囲にあり、母材の接合面（31、43）に沿った断面を見たとき、溶融部（90）の断面積をチップ（50）の断面積で割った比 α が、 $(1.4 - t) / 2$ 以上の範囲にあることが好ましいことが実験的にわかった。それにより、チップと母材との接合信頼性を実用レベルにて確保することができる。

【0016】また、請求項1～請求項4記載の発明は、チップ（50）を、Irが50重量%以上含有されているようなチップ、即ち母材との線膨張係数差の大きいチップとした場合に特に有効である。

【0017】また、請求項6の発明は、中心電極（30）及び接地電極（40）の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面（31、43）として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップ（50）がレーザ溶接により固定されてなるスパークプラグを製造する方法であって、チップと接合面との間に、線膨張係数がチップと母材との間の範囲にある緩和層（80）を介在させた後、レーザ溶接を行うことによって緩和層、チップ及び母材の間の界面に溶融部（90）を形成することを特徴としている。本製造方法によれば、請求項3または請求項4記載のスパークプラグを適切に製造することができる。

【0018】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0019】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。本第1実施形態は、例えばコージェネレーションにおける発電機のガス

エンジン用のスパークプラグとして用いられる。

【0020】図1は、本発明の第1実施形態に係るスパークプラグ100の全体構成を示す半断面図である。本実施形態では、中心電極と接地電極のうち中心電極を母材とし中心電極側にチップをレーザ溶接した例を述べることにする。図2及び図3には、スパークプラグ100の軸方向に沿った中心電極30とチップ50との接合部の断面形状を示す。

【0021】スパークプラグ100は、円筒形状の取付金具（ハウジング）10を有しており、この取付金具10は、図示しないエンジンブロックに固定するための取付ネジ部11を備えている。取付金具10の内部には、アルミナセラミック（A12O3）等からなる絶縁体20が固定されており、この絶縁体20の一端部21は、取付金具10の一端面12から露出するように設けられている。

【0022】中心電極30は絶縁体20の軸孔22に固定され、絶縁体20を介して取付金具10に絶縁保持されている。この中心電極30は、内材がCu等の熱伝導性に優れた金属材料、外材がNi基合金等の耐熱性および耐食性に優れた金属材料により構成された円柱体をなし、その一端面31は絶縁体20の一端部21から露出している。

【0023】接地電極40は、一端41側の側面が中心電極30の一端面31と対向して配置された角柱状のものであり、Ni基合金等からなる。そして、接地電極40は、途中部に曲がり部を有し、他端42は、取付金具10の一端面12に溶接等により固定され支持されている。

【0024】そして、本実施形態では、中心電極30を母材として、中心電極30の一端面（本発明でいう接合面）31に貴金属もしくはその合金よりなるチップ50がレーザ溶接により形成された溶融部60を介して固定されている（図2及び図3参照）。

【0025】そして、チップ50の先端面と接地電極40の一端41側の側面との間隔が放電ギャップ70として形成されている。具体的に、チップ50は、Ir（イリジウム）、Ir合金、Pt（白金）、Pt合金等よりなる円板状のものである。耐熱性等を考慮するとチップ50は、Irが50重量%以上含有されているものが好ましい。

【0026】図2及び図3を参照して、チップ50と中心電極（母材）30との接合部の構成を述べる。本実施形態では、溶融部60は、中心電極30に最も近い列を1列目として中心電極30から離れる方向（本例では、中心電極の軸方向）へ向かって、隣接する列の間で重なるように複数列（2列以上）形成されている。なお、溶融部60の形状は、切断面を金属顕微鏡等で観察することで知ることができる。

【0027】図2に示す例（2列構成）では、中心電極

30寄りから1列目の溶融部61、2列目の溶融部62の2列の溶融部が形成されており、1列目の溶融部61と2列目の溶融部62とが重なり合っている。

【0028】図3に示す例（3列構成）は、上記2列構成に更に3列目を追加したものであり、中心電極30寄りから1列目の溶融部61、2列目の溶融部62、3列目の溶融部63の3列の溶融部が形成されている。そして、1列目の溶融部61と2列目の溶融部62とが重なり合い、2列目の溶融部62と3列目の溶融部63とが重なり合っている。なお、これら図2及び図3に示す例以外にも、溶融部60は4列以上であっても良い。

【0029】また、各列の溶融部61、62、63は、中心電極30の一端面31（本例では、中心電極の径方向に相当）に沿って見たとき、環状の形状となっている。ただし、この環状形状は、連続してつながったものでも、非連続でつながっていないものでも良い。この複数列の溶融部60は次のようにして形成することができる。

【0030】チップ50を中心電極30の一端面31に、抵抗溶接により仮止めしたり、治具を用いて仮止めする等により固定した状態で、チップ50と中心電極30との界面部に全周もしくは部分的にレーザを照射することにより、1列目の溶融部61を形成し、次に、中心電極30の軸方向へ照射ポイントをずらして同様にレーザを照射することにより、2列目の溶融部62を形成する。図3に示す例では、次に、同様にして3列目の溶融部63を形成する。

【0031】このようにしてチップ50と中心電極30とを溶け込み合わせることで形成された溶融部60は、上記界面部の外表面から内部に向かって入り込んだ形となる。なお、図2に示す例は、1列目、2列目の順に形成されたものであり、図3に示す例は、1列目、2列目、3列目の順に形成されたものであるが、各列の形成順序は任意として良い。

【0032】そして、本実施形態では、中心電極（母材）30の一端面（接合面）31に沿った断面を見たとき、1列目の溶融部61の断面積と各列の溶融部61、62、63同士の重なり部の断面積との合計が、チップ50の断面積の1.4倍以上になるようにしている。なお、以下、特に明示していない場合を含めて断面積とは、中心電極30の一端面31に沿った断面積をいう。

【0033】図2に示す2列構成では、1列目の溶融部61の断面積（図中のA-A断面における断面積）と、1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部の断面積（図中のB-B断面における断面積）との合計が、チップ50の断面積（チップの径方向の断面積）の1.4倍以上になっている。

【0034】図3に示す3列構成では、1列目の溶融部61の断面積（図中のA-A断面における断面積）と、1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部の断

面積（図中のB-B断面における断面積）と、2列目と3列目の溶融部62、63同士の重なり部の断面積（図中のC-C断面における断面積）との合計が、チップ50の断面積（チップの径方向の断面積）の1.4倍以上になっている。

【0035】ここで、中心電極30の一端面31に沿った断面を見たときの1列目の溶融部61の断面積とは、図2、図3に示す様に、溶融部61の最大溶け込み深さd1の部分で見たときの断面積（最大断面積）である。

【0036】このような各部断面積の関係は、本発明者が行った実験検討の結果に基づくものである。限定するものではないが、この検討の一例を述べる。まず、上記2列構成について検討した場合を示す。なお、比較のために、溶融部を単列とした単列構成の場合、つまり、図2において溶融部が1列目の溶融部61のみのものについても検討した。この単列構成を図4に示す。

【0037】本検討において、中心電極30としてNi基合金であるインコネル（登録商標）よりなり一端面31の径D1がφ2.7mmのものを使用し、チップ50としてIr-10Rh（Irが90重量%、Rhが10重量%の合金）よりなり、径D2がφ2.4mm、厚さが1.4mmの円板チップを用いた。これら中心電極30、チップ50の仕様は、熱負荷の厳しいコージェネレーション用プラグとして一般的なものである。

【0038】2列構成（図2参照）については、レーザ溶接条件を変えることにより、1列目の溶融部61の溶け込み深さd1、1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部における重なり深さd2を種々変え、1列目の溶融部61の断面積と1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部の断面積との合計（以下、溶融部合計断面積という）を変えたサンプルを作製した。そして、種々の溶融部合計断面積について、上記チップ50の断面積との断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）をとった。

【0039】図5は、2列構成において、上記各深さd1、d2を種々変えたときの、上記断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）を示した図表である。図5において、仕様①は溶け込み深さd1を0.3mmとして、重なり深さd2を0.1～0.3mmと変えた場合、仕様②は溶け込み深さd1を0.7mmとして、重なり深さd2を0.1～0.7mmと変えた場合、仕様③は溶け込み深さd1を1.1mmとして、重なり深さd2を0.1～1.1mmと変えた場合である。

【0040】また、比較例としての単列構成（図4参照）については、レーザ溶接条件を変えることにより、溶融部61の溶け込み深さd1を種々変え、溶融部61の断面積を変えたものを作製した。そして、種々の溶融部61の断面積について、上記チップ50の断面積との比（溶融部断面積／チップ断面積）をとった。

【0041】図6は、単列構成において、上記溶け込み

深さd1を種々変えたときの、上記断面積比（溶融部断面積／チップ断面積）を示した図表である。図6において、仕様①～⑦は、それぞれ溶け込み深さd1を0.

1、0.3、0.5、0.7、0.9、1.1、1.3mmと変えた場合である。なお、単列構成の仕様①～⑥は図4（a）に示す様な部分溶融構成、仕様⑦は図4

（b）に示す様なチップ50と中心電極30との界面が全域で溶け合った全域溶融構成である。

【0042】そして、図5及び図6に示す各仕様について、耐久試験を行い、チップ50と中心電極30との接合信頼性の評価を行った。耐久試験は、6気筒2000ccエンジンにスパークプラグを取り付けて実施し、運転条件は、アイドル1分保持・スロットル全開（6000rpm）1分保持の繰り返しを100時間行った。上記接合信頼性は引っ張り強度で評価し、上記耐久試験後の引っ張り強度が200N以上であれば実用的な信頼接合性が確保されたものとした。

【0043】図7は、上記評価の結果得られた2列構成における断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）と引っ張り強度（単位：N）との関係を示す図である。図7中の各種プロットにおいて、黒丸プロットは仕様①の新品時、白丸プロットは仕様①の耐久試験後、黒三角プロットは仕様②の新品時、白三角プロットは仕様②の耐久試験後、黒四角プロットは仕様③の新品時、白四角プロットは仕様③の耐久試験後、をそれぞれ示す。

【0044】また、図8は、上記評価の結果得られた単列構成における断面積比（溶融部断面積／チップ断面積）と引っ張り強度（単位：N）との関係を示す図である。図8中の各種プロットにおいて、黒丸プロットは新品時、黒三角プロットは耐久試験後、をそれぞれ示す。

【0045】まず、図8からわかるように、単列構成では、溶融部断面積により新品時の引っ張り強度に差は認められるが、単列構成において最も接合信頼性に優れた全域溶融構成を採用した場合であっても、接合信頼性を実用レベルにて確保することは困難である。

【0046】一方、図7からわかるように、溶融部合計断面積及び溶融部60の断面形状により新品時の引っ張り強度に差は認められるが、耐久試験後は溶融部の断面形状に関係なく断面積比が大きいほど（溶融部断面積が大きいほど）引っ張り強度が大きいといった関係が得られた。

【0047】これは、溶融部を複数列構成とすることで単列構成に比べて、溶融部60を厚肉化するとともにチップ50と中心電極（母材）30との線膨張係数差を小さくすることができ、接合部に加わる熱応力を緩和することができるためである。そして、断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）が1.4以上であれば、引っ張り強度200N以上が確保でき、接合信頼性を実用レベルにて確保することができる。

【0048】次に、上記3列構成（図3参照）について

も同様に検討した。検討に用いたチップ50、中心電極30の仕様は2列構成の場合と同様である。3列構成について、レーザ溶接条件を変えることにより、図9に示す様に、1列目の溶融部61の溶け込み深さd1、1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部における重なり深さd2、2列目と3列目の溶融部62、63同士の重なり部における重なり深さd3を種々変えたサンプルを作製した。

【0049】そして、各サンプルについて、1列目の溶融部61の断面積と、1列目と2列目の溶融部61、62同士の重なり部の断面積と、2列目と3列目の溶融部62、63同士の重なり部の断面積との合計を溶融部合計断面積とし、この溶融部合計断面積とチップ50の断面積との断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）をとった。この断面積比も図9に示してある。

【0050】図9において、仕様①は溶け込み深さd1を0.3mmとして、重なり深さd2を0.1～0.3mm、重なり深さd3を0.1～0.3mmと変えた場合、仕様②は溶け込み深さd1を0.7mmとして、重なり深さd2を0.1～0.2mm、重なり深さd3を0.1～0.2mmと変えた場合、仕様③は溶け込み深さd1を1.1mmとして、重なり深さd2を0.1mm、重なり深さd3を0.1mmとした場合である。

【0051】そして、図9に示す各仕様について、上記と同様に耐久試験を行い、チップ50と中心電極30との接合信頼性の評価を行った。図10は、評価の結果得られた3列構成における断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）と引っ張り強度（単位：N）との関係を示す図である。

【0052】図10中の各種プロットにおいて、黒丸プロットは仕様①の新品時、白丸プロットは仕様①の耐久試験後、黒三角プロットは仕様②の新品時、白三角プロットは仕様②の耐久試験後、黒四角プロットは仕様③の新品時、白四角プロットは仕様③の耐久試験後、をそれぞれ示す。図10からわかるように、3列構成においても上記2列構成と同様の効果が認められた。

【0053】以上のような実験検討に基づけば、複数列形成された溶融部60において、1列目の溶融部61の断面積と各列の溶融部61～63同士の重なり部の断面積との合計を、チップ50の断面積の1.4倍以上にすることにより、チップ50と中心電極（母材）30との接合信頼性を向上させ実用レベルにて確保することができるといえる。

【0054】また、本実施形態においては、中心電極（母材）30の一端面（接合面）31に沿った断面を見たとき、2列目以降の溶融部62、63のうち少なくとも1つの溶融部において、当該溶融部の断面積が、当該溶融部と当該溶融部よりも中心電極30寄りの溶融部との重なり部の断面積よりも大きくなっていることが好ましい。

【0055】図2及び図3に示す例では、この好ましい形態が採用されている。即ち、図2に示す2列構成では、2列目の溶融部62の断面積が、当該2列目の溶融部62と1列目の溶融部61との重なり部の断面積よりも大きくなっている。更に、図3に示す3列構成では、3列目の溶融部63の断面積が、当該3列目の溶融部63と2列目の溶融部62との重なり部の断面積よりも大きくなっている。

【0056】各列の溶融部61～63は、チップ50の外表面から内部に向かって溶け込んでいる。上記好ましい形態によれば、例えば、図2に示す様に、溶融部の溶け込み方向において、2列目の溶融部62の先端が、2列目の溶融部62と1列目の溶融部61との重なり部の端部よりも、チップ50の内部に向かって突出している。

【0057】そのため、2列目の溶融部62と1列目の溶融部61との間に、チップ50が入り込んだくさび形状となる。そして、チップ50が中心電極30から離れようとする方向（図2中の上方）へ力が加わっても、このチップ50のくさび部分が2列目の溶融部62に引っ掛かるため、チップ50を脱落しにくくすることができる（くさび効果）。

【0058】また、図3に示す3列構成では、2列目の溶融部62と1列目の溶融部61との間だけでなく、更に、3列目の溶融部63と2列目の溶融部62との間にも、チップ50が入り込んだくさび形状が形成されている。そのため、2列構成の場合と同様の効果が得られる。

【0059】なお、溶融部60が3列以上の場合、2列目以降の全ての列の溶融部において、上記好ましい形態となっても良いが、それ以外にも、少なくとも1つの列の溶融部において、上記好ましい形態となっていれば、効果はある。

【0060】（第2実施形態）本第2実施形態は、上記図1に示すスパークプラグ100において、中心電極30とチップ50との接合部を上記第1実施形態とは異ならせたものであり、他の部分は同一である。従って、当該接合部の断面形状を図11に示し、この図11に基づいて主として第1実施形態との相違点について述べることにする。

【0061】本実施形態では、チップ50と中心電極（母材）30の一端面（接合面）31との間に、線膨張係数がチップ50と中心電極30との間の範囲にある緩和層80を介在させ、チップ50と中心電極30とを、レーザ溶接によって緩和層80、チップ50及び中心電極母材の間に形成された溶融部90を介して固定したことを主たる特徴としている。なお、図11中、（a）は部分溶融構成、（b）は全域溶融構成である。

【0062】具体的には、中心電極30としてNi基金を使用し、チップ50としてIrもしくはIr合金を

用いた場合、緩和層80としては、線膨張係数がNi合金とIr合金の間であるPt合金等を使用することができる。このようなPt合金としては例えば、Pt-20Ir-2Ni（Ptが78重量%、Irが20重量%、Niが2重量%の合金）を採用することができる。

【0063】図11に示す接合部構成は、図12に示す様な製造方法により、適切に製造することができる。図12は、図11の断面に対応した断面にて製造方法を示すものである。

【0064】まず、チップ50と中心電極30の一端面31との間に、上記緩和層80を介在させこれら3つの部材30、50、80を仮固定する。この仮固定は、抵抗溶接により仮止めしたり、治具を用いて仮止めする等により行うことができる。しかる後、緩和層80を中心にレーザを照射することによって緩和層80とチップ50の界面及び緩和層80と中心電極30の界面を無くすように、3部材30、50、80が溶け合った溶融部90を形成する。こうして、図11に示す接合部構成となる。

【0065】ところで、本実施形態によれば、チップ50と中心電極30の一端面31との間に、線膨張係数がチップ50と中心電極30との間の範囲にある緩和層80を介在させることにより、チップ50と中心電極30との線膨張係数差に起因する熱応力が、緩和層80によって緩和される。そのため、従来よりもチップ50と中心電極30との接合信頼性を向上させることができる。

【0066】ここで、緩和層80の厚さ t が0.2mm以上0.6mm以下の範囲にあり、中心電極30の一端面（接合面）31に沿った断面を見たとき、溶融部90の最大溶け込み深さ d_4 の部分（図11中のE-E断面）における断面積をチップ50の断面積（チップの径方向の断面積）で割った比 α が、 $(1.4-t)/2$ 以上の範囲にあることが好ましい。それにより、チップと母材との接合信頼性を実用レベルにて確保することができる。

【0067】この断面積比 α の関係は、本発明者が行った実験検討の結果に基づくものである。限定するものではないが、この検討の一例を述べる。中心電極30として、インコネル（登録商標）よりなり一端面31の径D1が $\phi 2.7$ mmのものを使用し、チップ50としてIr-10Rhよりなり、径D2が $\phi 2.4$ mm、厚さが1.4mmの円板チップを用い、緩和層80としてPt-20Ir-2Niよりなる径D3（図12参照）が $\phi 2.4$ mmの円板を用いた。

【0068】ここで、緩和層80の厚さ t を0.2mm以上0.6mm以下の範囲としたのは、0.2mmより薄いと緩和層80の強度不足により熱応力によって緩和層80に割れが生じやすくなること、また、0.6mmより厚くしても熱応力緩和効果は変わらないためである。

【0069】そして、レーザ溶接条件を変えることにより、図13に示す様に、溶融部90の溶け込み深さ d_4 を種々変え、溶融部90の溶け込み深さ d_4 の部分における断面積（溶融部断面積）とチップ50との断面積比 α （溶融部断面積／チップ断面積）を種々変えたサンプルを作製した。

【0070】この図13に示す各仕様①～⑦について、上記第1実施形態と同様に耐久試験を行い、チップ50と中心電極30との接合信頼性の評価を行った。図14は、評価の結果得られた本実施形態の接合部構成における断面積比 α （溶融部断面積／チップ断面積）と引っ張り強度（単位：N）との関係を緩和層80の厚さを変えて示す図である。

【0071】図14中の各種プロットにおいて、黒四角プロットは緩和層80の厚さ t が0.2mmのときの新品時、白四角プロットは緩和層80の厚さ t が0.2mmのときの耐久試験後、黒三角プロットは緩和層80の厚さ t が0.4mmのときの新品時、白三角プロットは緩和層80の厚さ t が0.4mmのときの耐久試験後、黒丸プロットは緩和層80の厚さ t が0.6mmのときの新品時、白丸プロットは緩和層80の厚さ t が0.6mmのときの耐久試験後、をそれぞれ示す。

【0072】図14からわかるように、断面積比 α が大きいほど（溶融部断面積が大きいほど）耐久試験後の引っ張り強度が大きい。これは、レーザ溶接による線膨張係数差の縮小やエッジ部が無くなることによる熱応力低減効果のためである。また、緩和層80が厚いほど、耐久試験後の引っ張り強度は向上し、接合信頼性が高くなっていることがわかる。これは、0.6mmの厚さまでは緩和層80が厚いほど熱応力低減効果が大きいためである。

【0073】そして、図14から、耐久試験後において引っ張り強度200Nに相当する様な上記断面積比 α と緩和層80の厚さ t との関係が得られる。例えば、厚さ t が0.2mmのとき断面積比 α は0.6、厚さ t が0.4mmのとき断面積比 α は0.5、厚さ t が0.6mmのとき断面積比 α は0.4である。

【0074】この断面積比 α と緩和層80の厚さ t との関係をグラフ化したものが図15である。図15から、耐久試験後において引っ張り強度200N以上の実用レベルの接合信頼性を確保するためには、次の数式1に示す関係を満足することが必要であることがわかる。

【0075】

【数1】 $\alpha \geq (1.4 - t) / 2$

0.2 ≤ t ≤ 0.6（ t の単位：mm）

以上のような実験検討に基づけば、厚さ t が0.2mm以上0.6mm以下の範囲にある緩和層80を介してレーザ溶接されたチップ50と中心電極30において、上記断面積比 α が $(1.4 - t) / 2$ 以上であることが好ましく、それにより、チップ50と中心電極30との接

合信頼性を実用レベルにて確保することができる。

【0076】(他の実施形態)以下に、本発明の種々の変形例を示す。図16(a)～(f)は第1の変形例であり、第1実施形態に示した複数列の溶融部61～63のうち全ての列もしくは一部の列の溶融部を、チップ50と中心電極30との界面が全域で溶け合った全域溶融構成としたものである。この第1の変形例においても上記第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0077】図16において、(a)～(c)は2列構成のものであって、(a)は1列目の溶融部61、

(b)は全ての列の溶融部61、62、(c)は2列目の溶融部62について、それぞれ全域溶融構成としたものである。また、(d)～(f)は3列構成のものであって、(d)は全ての列の溶融部61～63、(e)は1列目の溶融部61、(f)は1列目と2列目の溶融部61、62について、それぞれ全域溶融構成としたものである。

【0078】図17(a)～(c)は第2の変形例であり、第2実施形態に示した接合部構成において、溶融部90を複数列構成としたものである。この場合も、上記第2実施形態と同様に、緩和層80による熱応力緩和効果を発揮することができる。また、複数列の溶融部90の形状によっては、上記第1実施形態と同様の効果を得ることも可能である。

【0079】また、上記各実施形態は、中心電極30側にチップ50をレーザ溶接した例として述べたが、接地電極40側にチップ50をレーザ溶接する場合、または、中心電極30と接地電極40の両方にチップ50をレーザ溶接する場合にも、上記各実施形態は適用可能であることは勿論である。図18は、接地電極40を母材としてチップ50を設ける場合を示す第3の変形例である。

【0080】図18(a)及び(b)の場合は、上記第1実施形態を接地電極40に適用したものである。なお、図18中、(b)は(a)のF矢視図であるが、

(b)中の溶融部60に施してあるハッチングは識別のためのもので断面を示すものではない。

【0081】この場合、接地電極40の一端41側の端面(本発明でいう接合面)43に角柱状のチップ50がレーザ溶接により固定されている。ここで、図示しないが、この第3の変形例においては、チップ50の側面51が、中心電極30もしくは中心電極30に固定されたチップ50に対向して放電ギャップ70を形成する。

【0082】そして、溶融部60は、接地電極(母材)40に最も近い列を1列目として接地電極40から離れる方向へ向かって、隣接する列の間で重なるように2列形成されている。更に、接地電極40における上記端面(接合面)43に沿った断面を見たとき、1列目の溶融部61の断面積と1列目と2列目の溶融部61、62)同士の重なり部の断面積との合計が、チップ50の断面

積(図18(a)におけるチップの長軸と直交する方向に沿った断面積)の1.4倍以上になっている。

【0083】図18(c)及び(d)の場合は、上記第2実施形態を接地電極40に適用したものである。

(d)は(c)のG矢視図であるが、(d)中の溶融部90に施してあるハッチングは識別のためのもので断面を示すものではないチップ50と接地電極40の上記端面(接合面)43との間には、線膨張係数がチップ50と接地電極40との間の範囲にある緩和層80が介在されている。そして、チップ50と接地電極40とは、レーザ溶接によって緩和層80、チップ50及び接地電極40の間の各界面に形成された溶融部90を介して固定されている。この場合、接地電極40は中心電極30同様にNi基合金よりなるので、緩和層80も上記第2実施形態と同様の材質を採用できる。

【0084】これら図18に示す第3の変形例においても、上記第1及び第2の実施形態と同様の効果が得られるとともに、各実施形態に述べた好ましい形態(くさび効果、断面積 α の関係)を採用可能なことは勿論である。

【0085】また、本発明において、中心電極や接地電極、チップの形状は適宜設計変更可能である。要するに、本発明は、中心電極及び接地電極の少なくとも一方を母材とし、この母材の一面を接合面として、この接合面に火花放電を行うための貴金属もしくはその合金よりなるチップがレーザ溶接により形成された溶融部を介して固定されてなるスパークプラグにおいて、溶融部の構成を工夫したり、緩和層を介在させた点が、主たる特徴点であり、他の部分は適宜設計変更可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るスパークプラグの全体構成を示す半断面図である。

【図2】上記第1実施形態において溶融部を2列構成とした場合を示す概略断面図である。

【図3】上記第1実施形態において溶融部を3列構成とした場合を示す概略断面図である。

【図4】比較例として溶融部を単列構成とした場合を示す概略断面図である。

【図5】上記2列構成において種々の断面積比(溶融部合計断面積/チップ断面積)を示す図表である。

【図6】上記単列構成において種々の断面積比(溶融部断面積/チップ断面積)を示す図表である。

【図7】上記2列構成における断面積比(溶融部合計断面積/チップ断面積)と引っ張り強度との関係を示す図である。

【図8】上記単列構成における断面積比(溶融部断面積/チップ断面積)と引っ張り強度との関係を示す図である。

【図9】上記3列構成において種々の断面積比(溶融部合計断面積/チップ断面積)を示す図表である。

【図 10】 上記 3 列構成における断面積比（溶融部合計断面積／チップ断面積）と引っ張り強度との関係を示す図である。

【図 11】 本発明の第 2 実施形態に係るスパークプラグにおけるチップと中心電極との接合部構成を示す概略断面図である。

【図 12】 上記第 2 実施形態に係るスパークプラグの製造方法を示す説明図である。

【図 13】 図 11 に示す接合部構成において種々の断面積比 α （溶融部断面積／チップ断面積）を示す図表である。

【図 14】 図 11 に示す接合部構成における断面積比 α （溶融部断面積／チップ断面積）と引っ張り強度との関係を緩和層の厚さを変えて示す図である。

【図 15】 引っ張り強度 200 N 以上を満足するための断面積比 α と緩和層の厚さ t との関係を示すグラフである。

【図 16】 本発明の第 1 の変形例を示す概略断面図である。

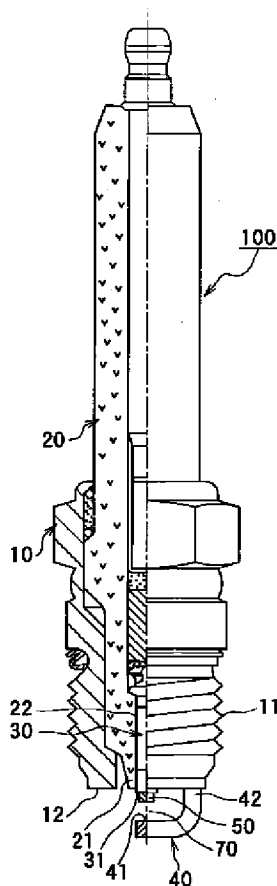
【図 17】 本発明の第 2 の変形例を示す概略断面図である。

【図 18】 本発明の第 3 の変形例を示す図である。

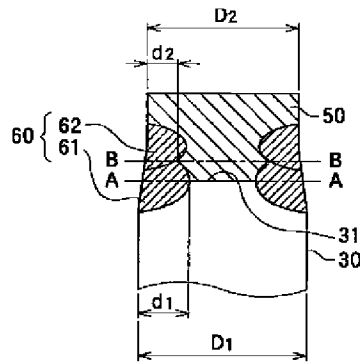
【符号の説明】

30…中心電極、31…中心電極の一端面、40…接地電極、43…接地電極の一端側の端面、50…チップ、60、90…溶融部、61…1 列目の溶融部、62…2 列目の溶融部、63…3 列目の溶融部、80…緩和層。

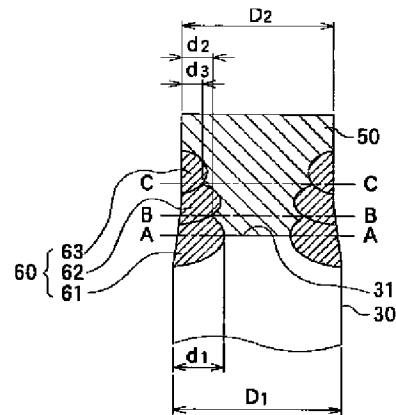
【図 1】



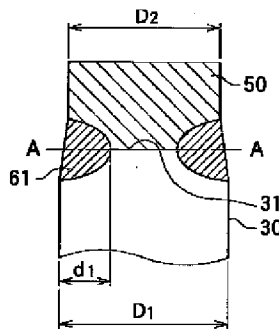
【図 2】



【図 3】



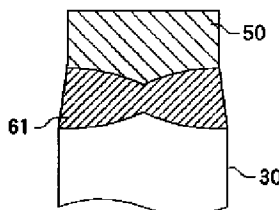
【図 4】



【図 5】

(a)

(b)

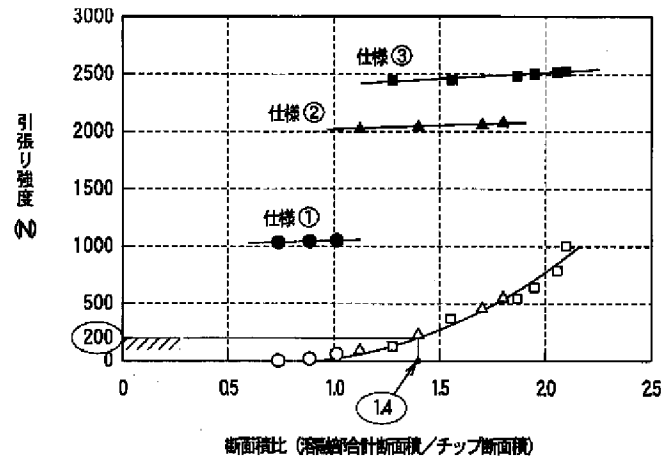


仕様	溶け込み 深さ d_1	重なり 深さ d_2	断面積比 (溶融部合計/チップ)
①	0.3	0.1	0.73
		0.2	0.88
		0.3	1.01
②	0.7	0.1	1.12
		0.3	1.4
		0.5	1.71
③	1.1	0.7	1.79
		0.1	1.28
		0.3	1.56
		0.5	1.87
		0.7	1.95
		0.9	2.06
		1.1	2.1

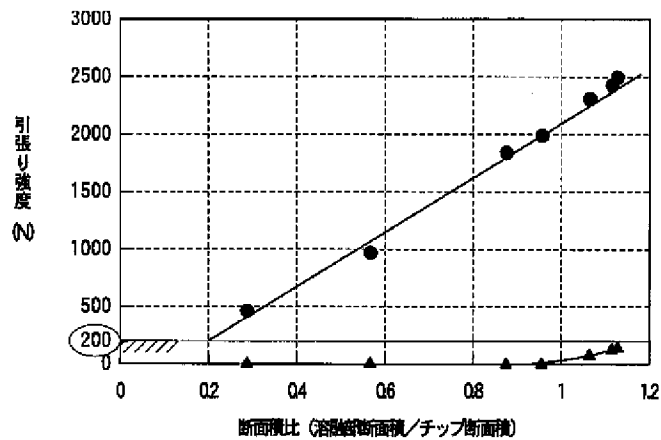
【図6】

仕様	溶け込み 深さ d_1	断面積比 (溶融部/チップ)
①	0.1	0.29
②	0.3	0.57
③	0.5	0.88
④	0.7	0.96
⑤	0.9	1.07
⑥	1.1	1.12
⑦	1.3	1.13

【図7】



【図8】

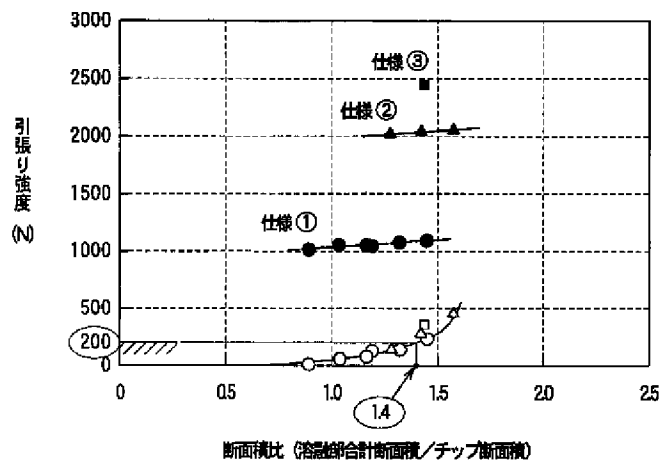


【図9】

仕様	溶け込み 深さ d_1	重ね 深さ d_2	重ね 深さ d_3	断面積比 (溶融部合計/チップ)
①	0.3	0.1	0.1	0.89
			0.2	1.04
		0.2	0.1	1.19
			0.2	1.17
		0.3	0.1	1.32
			0.2	1.45
②	0.7	0.1	0.1	1.28
			0.2	1.43
		0.2	0.1	1.58
			0.2	1.58
③	1.1	0.1	0.1	1.44

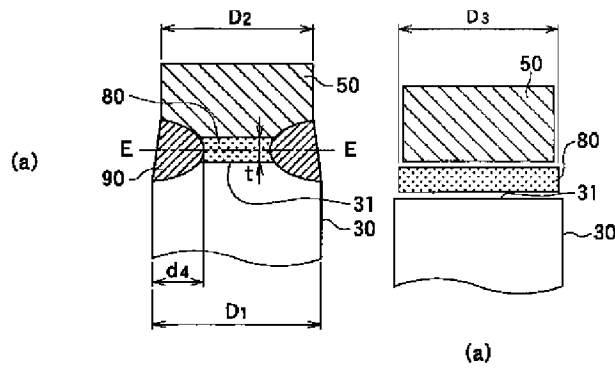
【図13】

【図10】

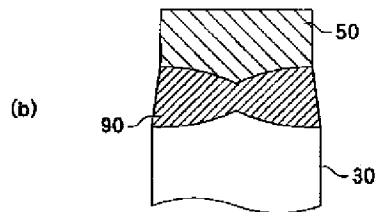
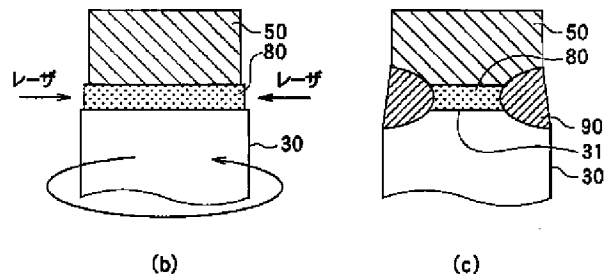


仕様	溶け込み 深さ d_4	断面積比 α (溶融部/チップ)
①	0.1	0.29
②	0.3	0.57
③	0.5	0.88
④	0.7	0.96
⑤	0.9	1.07
⑥	1.1	1.12
⑦	1.3	1.13

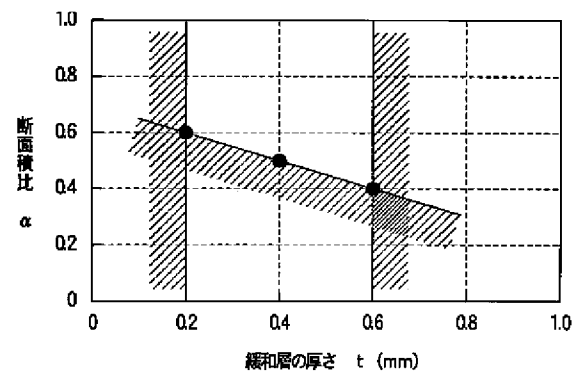
【図11】



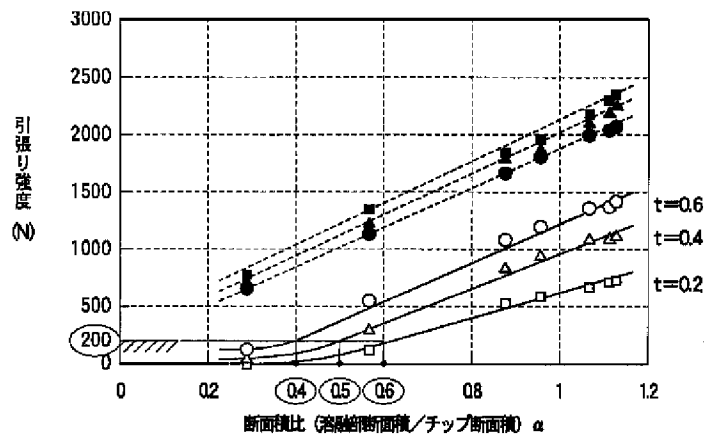
【図12】



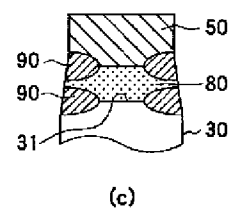
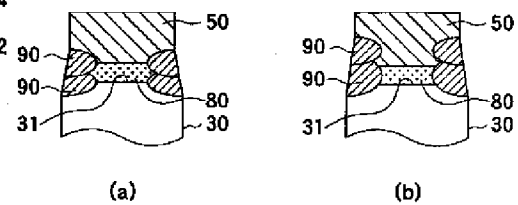
【図15】



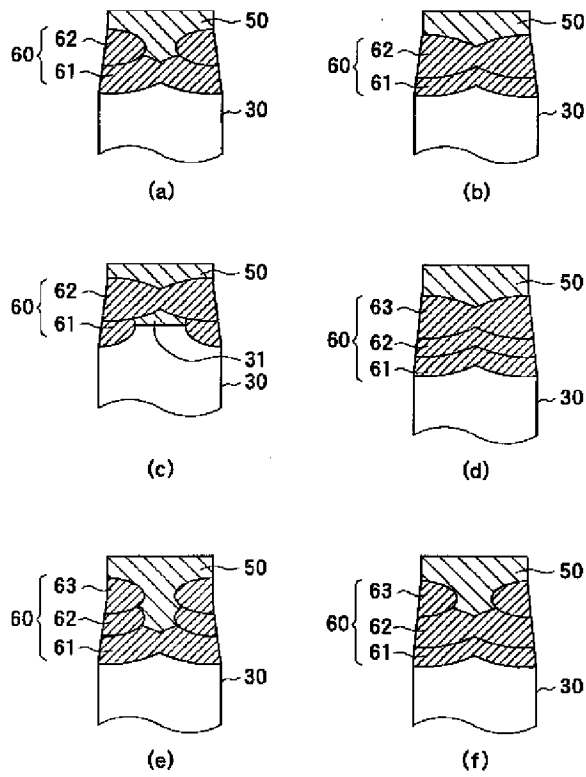
【図14】



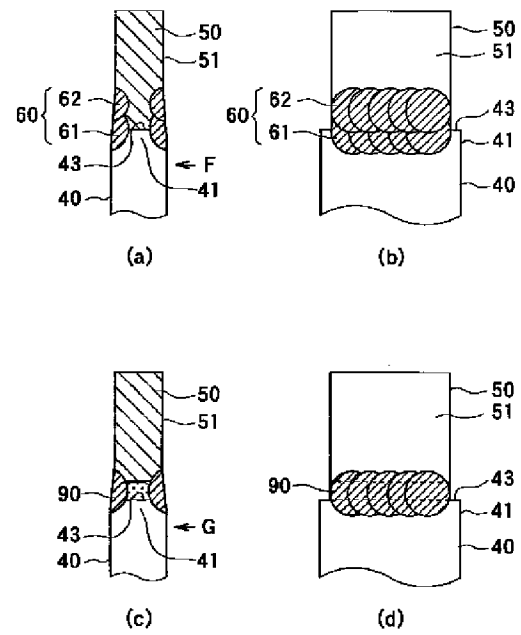
【図17】



【図16】



【図18】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 T 13/39
21/02

識別記号

F I

H 0 1 T 13/39
21/02

テーマコード* (参考)